

研究专题2 电压三角形法测参数的误差分析

(书P. 298-303)

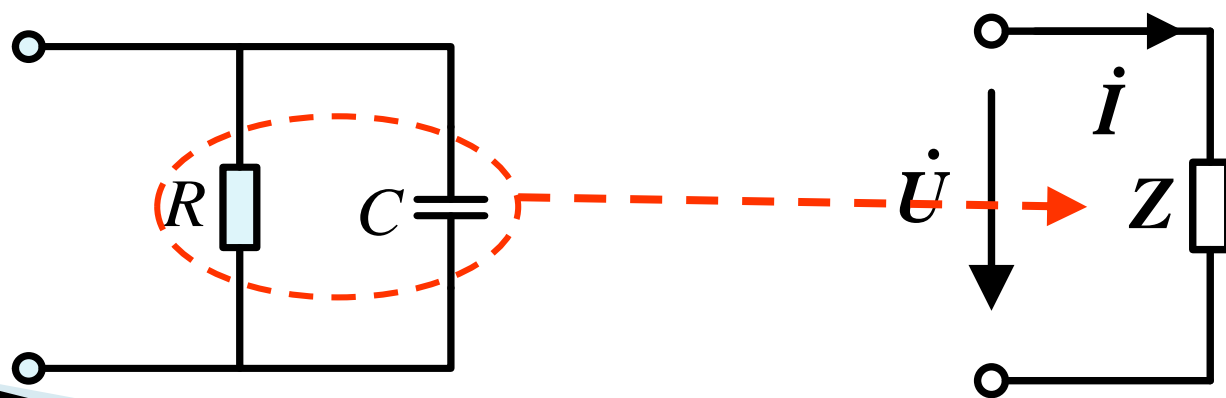
一、实验目的：

- 1、学习无源一端口网络等效参数的电压三角形测定方法；
- 2、掌握判定待测无源一端口网络性质的方法；
- 3、学习间接测量过程中的误差传递分析；
- 4、了解实验条件与电路参数的合理选择在提高实验准确度中的作用。

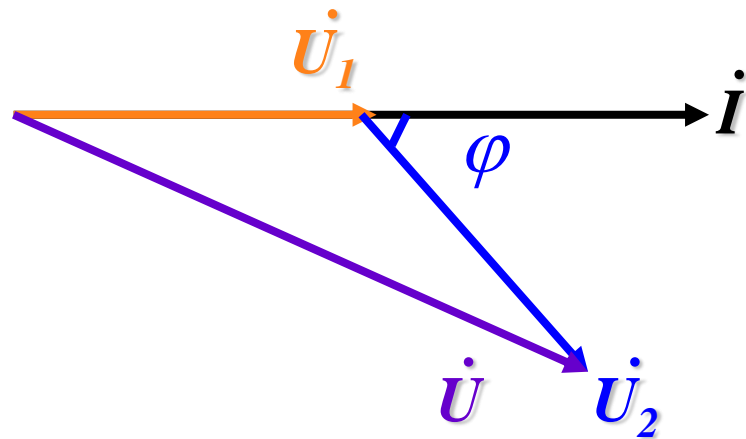
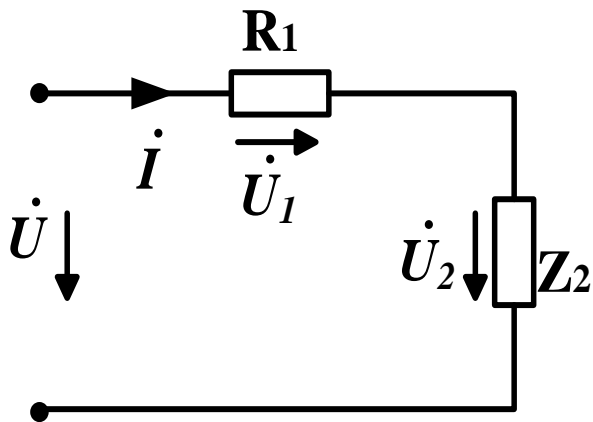
二、电压三角形法原理：

任意无源交流一端口网络，其等效参数都可以用一个等效阻抗（入端阻抗）来表示，当端口电压和端口电流的参考方向一致时，其复数阻抗可以写作：

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R_0 + jX_0 \quad X_0 < 0$$



电压三角形法测量线路如下图所示，外加一电阻 R_1 ， Z_2 为等效阻抗，用电压表分别测量电压 U ， U_1 ， U_2 的值，画出电压相量图（假设 Z_2 是容性）



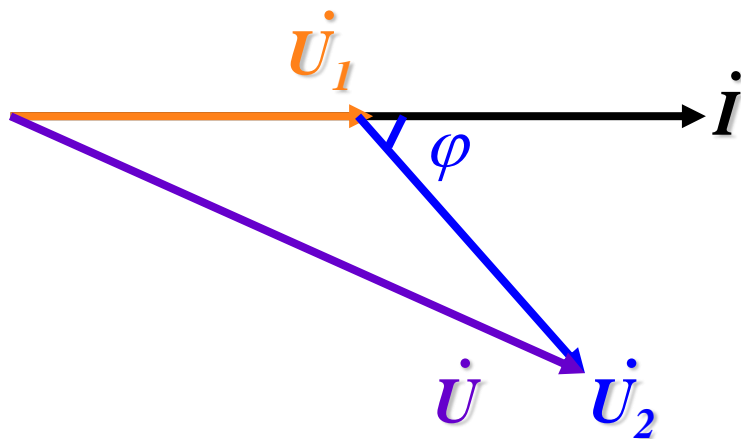
$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1U_2}$$

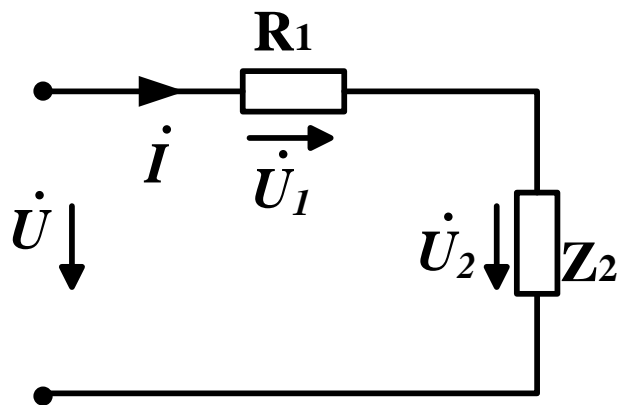
$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1U_2}$$

根据相量图关系有：

$$R_0 = \frac{U_2 \cos \varphi}{I} = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1I}$$

$$X_0 = \frac{U_2 \sin \varphi}{I} = \frac{U_2 \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{I} = \frac{U_2}{I} \sqrt{1 - \left(\frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1U_2} \right)^2}$$





$$R_0 = \frac{U_2 \cos \varphi}{I} = \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1 I}$$

$$X_0 = \frac{U_2 \sin \varphi}{I} = \frac{U_2 \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{I} = \frac{U_2}{I} \sqrt{1 - \left(\frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1 U_2} \right)^2}$$

→ 误差的传递

得到误差的传递公式如下：

$$\frac{dR_0}{R_0} = \frac{1}{U^2 - U_1^2 - U_2^2} \left[2U^2 \frac{dU}{U} + (U_2^2 - U^2 - U_1^2) \frac{dU_1}{U_1} - 2U_2^2 \frac{dU_2}{U_2} \right] - \frac{dI}{I}$$

$$\frac{dX_0}{X_0} = -\frac{dI}{I} - \frac{U^2 \cos \varphi}{U_1 U_2 \sin^2 \varphi} \frac{dU}{U} + \frac{U_1 + U_2 \cos \varphi}{U_2 \sin \varphi \tan \varphi} \frac{dU_1}{U_1} + \frac{U_1 + U_2 \cos \varphi}{U_1 \sin^2 \varphi} \frac{dU_2}{U_2}$$

误差按最保守的情况，按绝对值相加

其中， $dU = a \times U$ ， $dI = a \times I$ ， a 为仪表的准确度等级。

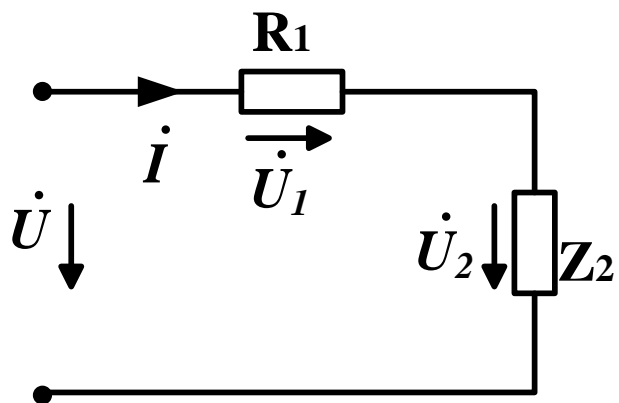


图4-1

措施： 保持 **U_2** 不变，改变 **R_1** ；

U_2 、 I 不变； U 、 U_1 变化

当 $Z_2, U_2, \frac{dI}{I}, \frac{dU}{U}, \frac{dU_1}{U_1}, \frac{dU_2}{U_2}$ 不变时，为了判定选取的 \mathbf{R}_1 值对所测 \mathbf{Z} 的影响，亦即对 \mathbf{R}_0 和 \mathbf{X}_0 的相对误差有什么影响，我们继续将

$$\frac{d}{dR_1} \left(\frac{dR_0}{R_0} \right) = \frac{4IU_2 \cos \varphi}{(U^2 - U_1^2 - U_2^2)^2} \left[(U_1^2 - U_2^2) \frac{dU}{U} - U_1^2 \frac{dU_1}{U_1} + U_2^2 \frac{dU_2}{U_2} \right]$$

$$\frac{d}{dR_1} \left(\frac{dX_0}{X_0} \right) = \frac{I \cos \varphi}{U_1^2 U_2 \sin^2 \varphi} \left[(U_2^2 - U_1^2) \frac{dU}{U} + U_1^2 \frac{dU_1}{U_1} - U_2^2 \frac{dU_2}{U_2} \right]$$

由上式可看到，当 $U_1=U_2$ 时，上式有最小值，也即 $\mathbf{R}_1 = |\mathbf{Z}|$ 时， \mathbf{R}_1 值的改变对测量 \mathbf{Z} 的相对误差最小。

三、实验设备：

1、单相0~250V可调电源

2、DG11单相变压器实验组件

电源**220V/36V/16V**,

电容取**4个10 μ F**并联,

电阻**R=360 Ω /8W**, (取4只360 Ω 电阻并联)

3、DG08动态实验组件

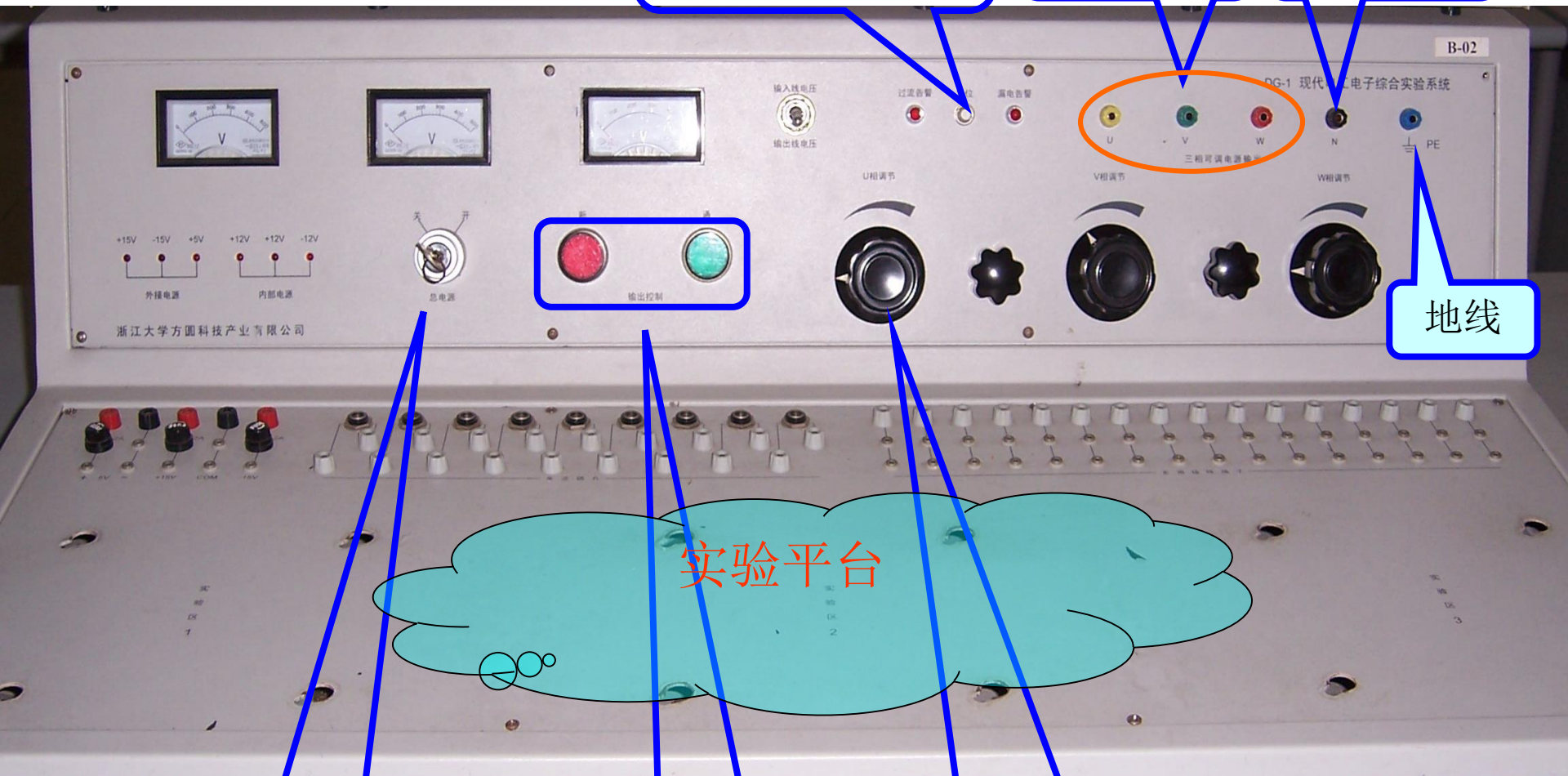
电阻**100 Ω /2W**

电源控制屏

过流、漏电指示灯，复位按钮

三相输出
U、V、W

三相电源
中线 N



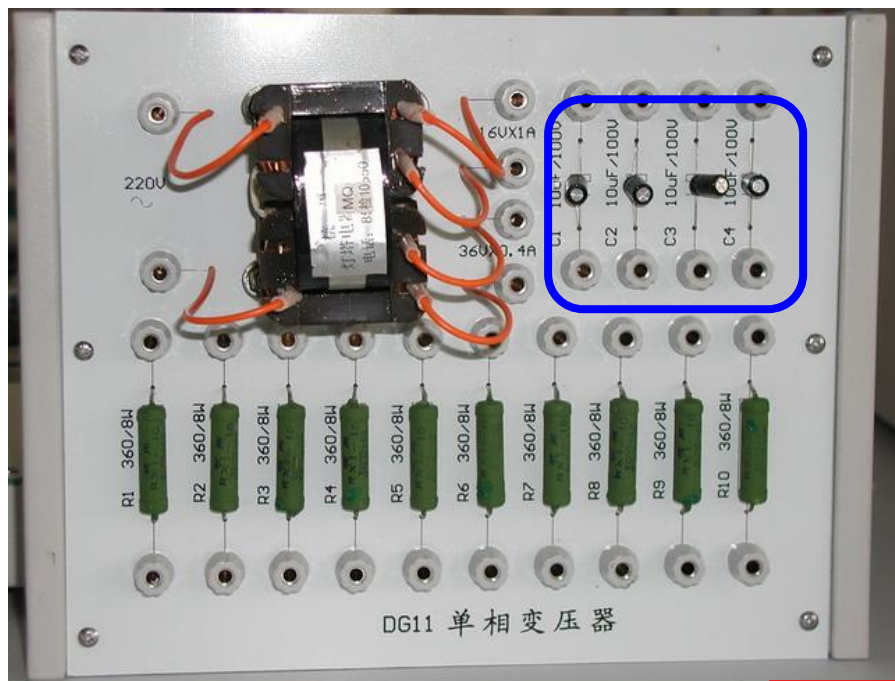
电源钥匙开关

电源按钮开关
红——断
绿——通

U相电压调节旋钮

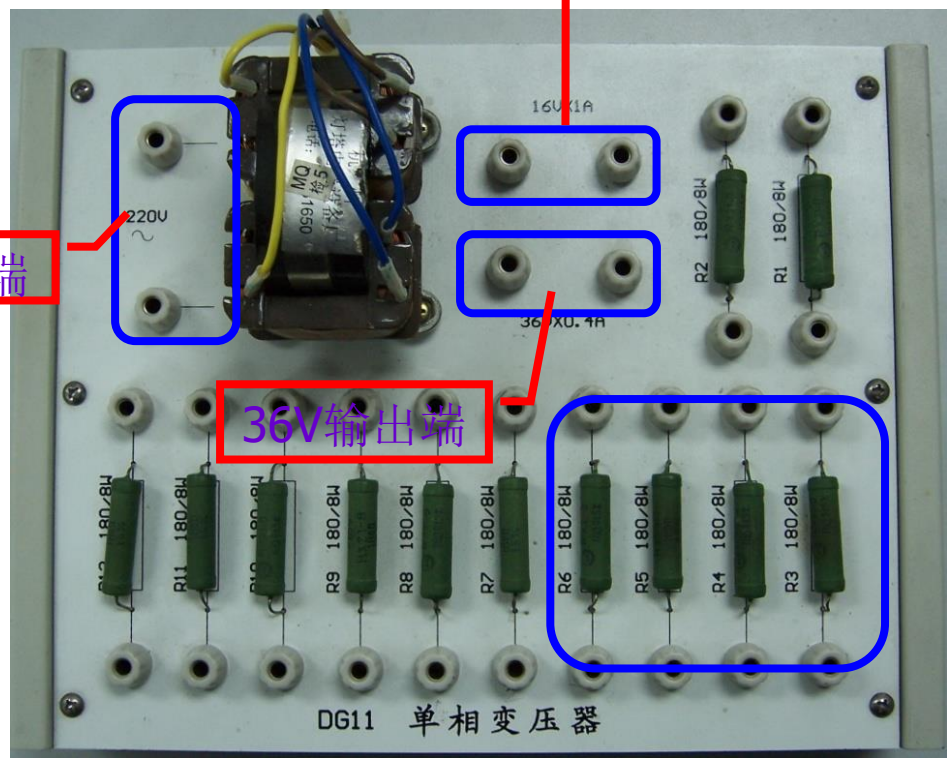
实验平台

地线

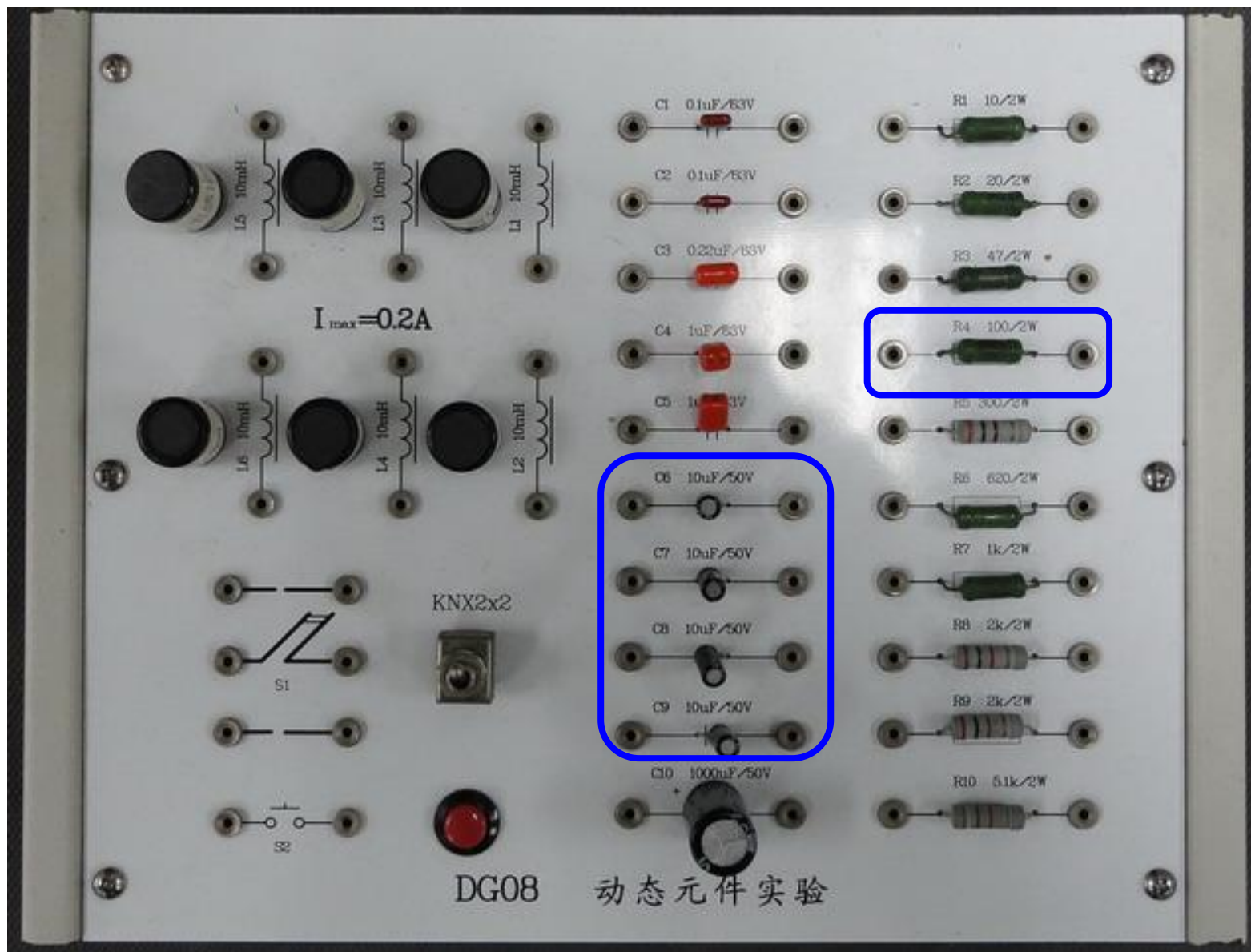


输入端

16V输出端

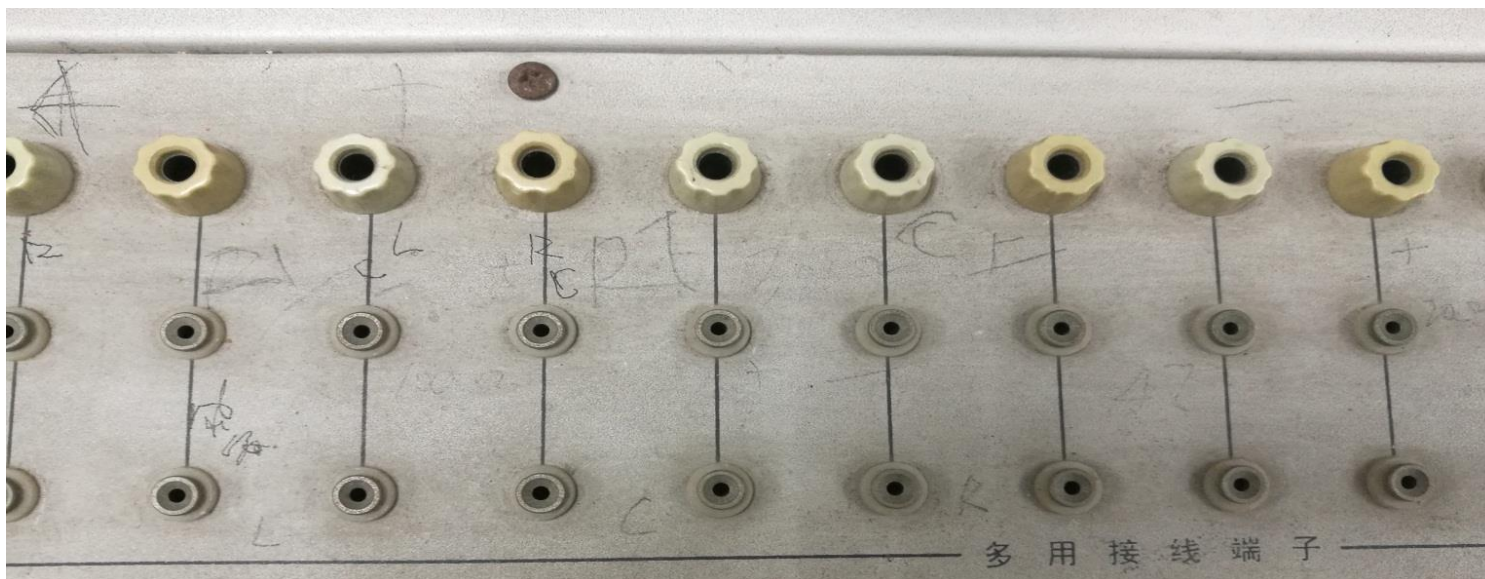


36V输出端



请注意两个实验模板上的电容不同之处！

导线的转接头



四、实验任务：

1、测量图4-2所示电路中的 R 、 C 值，计算该一端口网络的等效阻抗 Z 。

($R=100\ \Omega/2\text{W}$, 4只电容并联
 $C=10\mu\text{F}/100\text{V}$)

2、采用电压三角形法测量时，画出实验接线图，确定电源电压调节范围。

3、选定 R_1 的型号和数值。

4、按图4-1，调节 R_1 和电源电压，使得 $U_1 = U_2$ ，记录实验数据，计算一端口（RC并联）网络的等效阻抗。

5、取 $R_1=6|Z|$ ，在 $U_1 \neq U_2$ 的情况下，再次测量等效阻抗。

6、分析比较1、4、5的测量结果。

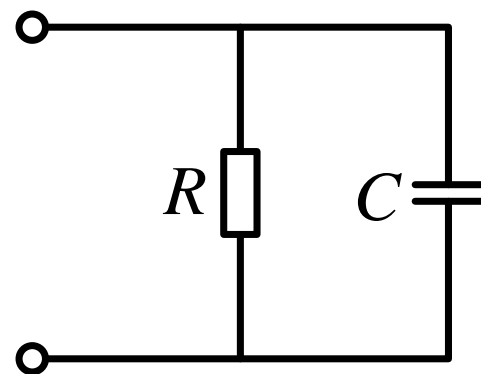
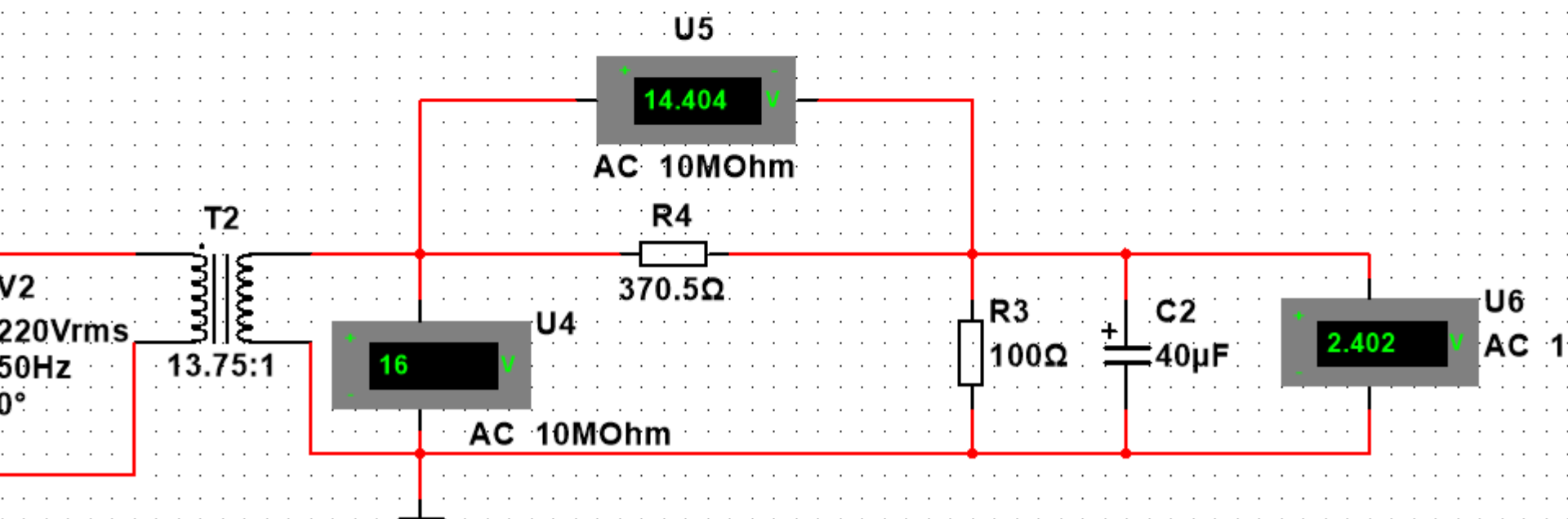
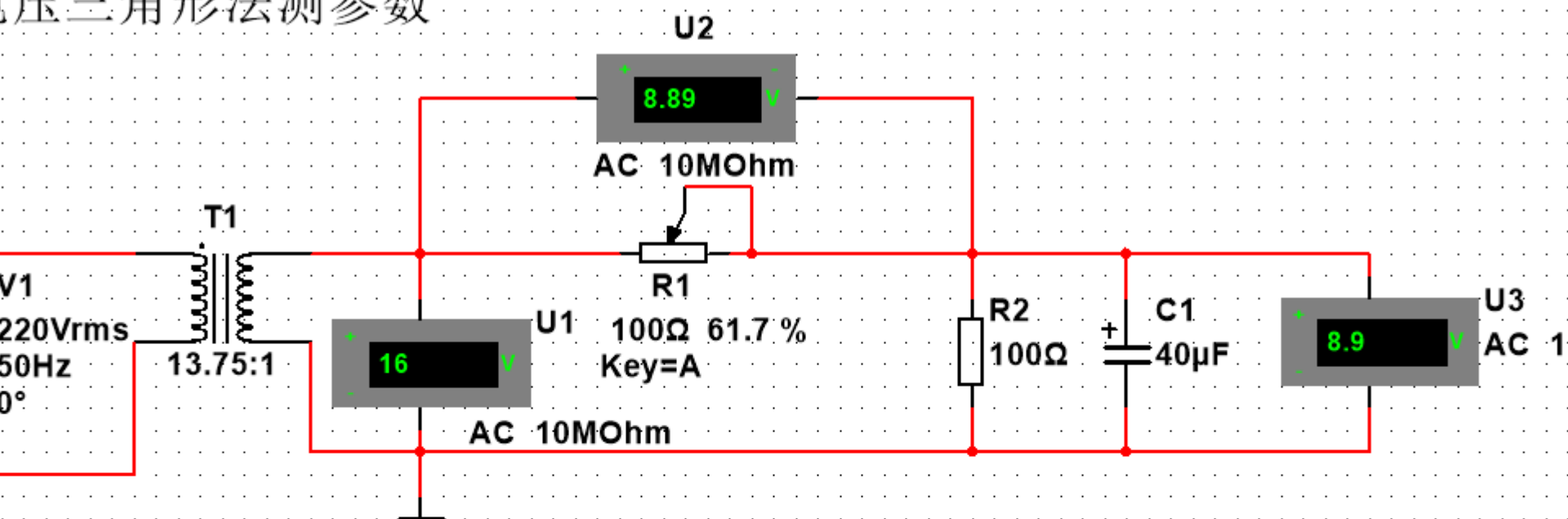


图4-2 交流无源一端口网络（RC并联）

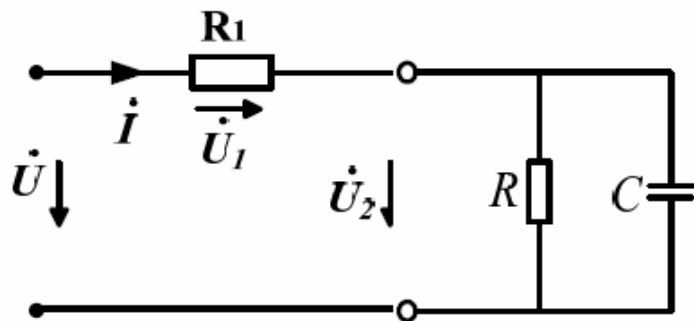
电压三角形法测参数



五、实验思考：

- 1、电压三角形法中， R_1 电阻值应根据什么来选取？
- 2、 R_1 的调节，最终目标是达到什么要求？为什么？
- 3、实验中，电流的选取应考虑那些因素？
- 4、注意用电安全，确定交流电源的电压可调范围。
- 5、**检查点：**电压三角形法测量时，当 $U_1=U_2$ 时的**电流表读数**和 R_1 的取值。

实验参数计算



$R=100\ \Omega/2\text{W}$, 4只电容并联
 $C=10\mu\text{F}/100\text{V}$;

由标称值:

$$Y_2 = 0.0161 \angle 51.47^\circ \text{ S}$$

$$Z_2 = 62.11 \angle -51.47^\circ \text{ S}$$

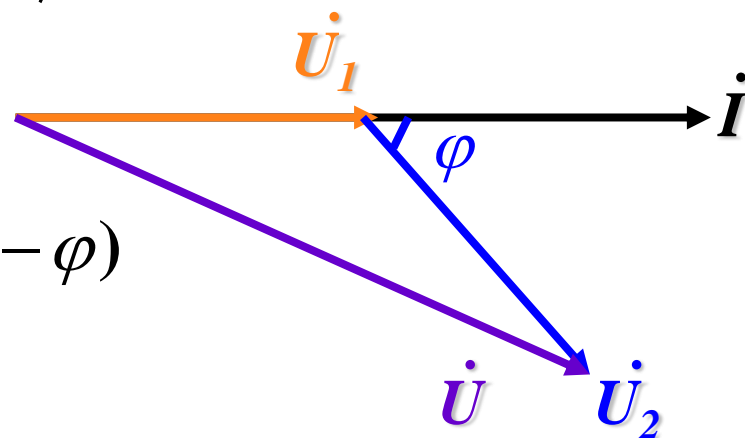
$R=100\Omega/2\text{W}$,

R允许通过的最大: $I_{R_{\max}}(R)=141\text{mA}$, $U_{2\max}(R)=14.14\text{V}$

$R_1 = |Z_2| = 62\Omega$, $I_{\max} = U_{1\max}/R_1 = 14.14/62=228\text{mA} < 300\text{mA}$

取变压器的**16V**作为输出！！

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2 \cos(180^\circ - \varphi)$$



预习：P.316-320

研究专题5 调谐电路功效的研究